دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره دوازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط تنش کم آبی

مهدی ضیائی نسب[1*]، علی رحمتی منصور آباد[2]

۱. گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران
۲. دانش آموخته ژنتیک و به نژادی گیاهی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی mziai2003@yahoo.com

(تاریخ دریافت:۲۸ آبان ماه ۱۴۰۱ ، تاریخ پذیرش: ۲۵ آذرماه ۱۴۰۱)

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)، تحت تنش کم آبی، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ در شهرستان دماوند در قالب طرح کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. بطوریکه تنش کم آبی (A)، بعنوان عامل اصلی، شامل سه سطح: شاهد، تنش ملایم و تنش شدید و رقم (B)، بعنوان عامل فرعی، شامل شش رقم لوبیا چیتی (غفار، F16 پایه بلند، Ks21492، Ks21495، Ks21558 و Ks22102) در نظر گرفته شد. صفات تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه در بوته و شاخص برداشت اندازه گیری شد و شاخص های تحمل تنش کم آبی محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر تنش کم آبی روی همه صفات مورد مطالعه به استثناء صفات وزن صددانه و عملکرد بیولوژیک معنی دار بود. همچنین بین ارقام مورد بررسی از لحاظ کلیه صفات مورد مطالعه، اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین تیمار ها نشان داد، رقم Ks 21495 با داشتن بیشترین مقادیر از صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بود. بر اساس نتایج بدست آمده، شاخص های تحمل تنش (STI)، میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره وری (GMP) و شاخص بهره وری متوسط (MP) بعنوان مناسب ترین شاخص ها، برای غربال ارقام متحمل به تنش بودند.

واژگان کلیدی: ، تشتک تبخیر،تجزیه به مولفه های اصلی، شاخص های تحمل، عملکرد، لوبیا چیتی

مقدمه

رشد سریع جمعیت در جهان، بویژه در کشورهای در حال توسعه، پیامدهای ناگواری را به دنبال دارد. کمبود غذا و سوء تغذیه در این مناطق، بعنوان یکی از نگران کننده‌ترین مشکلات جوامع، مطرح می‌شود. دستیابی به غذای سالم و کافی حق هر انسانی است، اما متأسفانه درصد بالایی از انسان‌ها در کشورهای در حال توسعه هنوز از دسترسی به غذای سالم و کافی، محروم هستند (۲۹). در این میان کمبود پروتئین در جیره غذایی، بزرگ‌ترین آسیب را از لحاظ جسمی و فکری به انسان وارد می‌سازد. با توجه به ضرورت وجود پروتئین در جیره غذایی روزانه بشر و هزینه زیاد تولید آن، بخشی از این نیاز به طور مستقیم از منابع گیاهی نظیر حبوبات تأمین می‌شود. حبوبات از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، دومین منبع مهم غذایی انسان بعد از غلات به شمار می‌رود. دانه حبوبات با دارا بودن ۳۲-۱۸ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی، در رژیم غذایی مردم، اهمیت بسیار دارد (۲۲). وجود مقادیر بالایی از اسید آمینه لیزین در حبوبات می‌تواند مقدار کم این اسید آمینه را در غلات جبران نماید (۴). دانه حبوبات از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند و مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتن، ریبوفلاوین، اسید آسکوربیک و مقدار متوسطی نیاسین و تیامین دارند (۱۵). حبوبات با تثبیت زیستی نیتروژن، ضمن بهبود حاصلخیزی خاک، از طریق تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی، در جلوگیری از فرسایش خاک موثر بوده و نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا مینمایند. یکی از حبوبات یکساله زراعی که به لحاظ میزان پروتئین بالا و استفاده در رژیم غذائی، حائز اهمیت است، لوبیا (*Phaseolus vlgaris* L.) می باشد که بیش از ۵۰ درصد تولید حبوبات دانه‌ای را به خود اختصاص داده است. طبق آمارنامه سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ وزارت جهاد کشاورزی، لوبیا دارای ۹۱۷۹۸ هکتار سطح زیر کشت و ۲۰۸۹۷۰ تن تولید در سطح کشور میباشد. لوبیا چیتی بعنوان یکی از مهم‌ترین انواع لوبیا است که سطح زیر کشت آن در ایران حدود ۵۰ درصد کل سطح زیر کشت انواع لوبیا می‌باشد (۵). آمینواسید فراوان در لوبیا چیتی آن را به یک منبع عالی برای دریافت پروتئین و جایگزین مناسبی برای انواع گوشت‌ها تبدیل کرده است. دانه های لوبیا چیتی از مقادیر زیادی پروتئین و نشاسته برخوردار هستند (۴).

از آنجایی که بیشتر نقاط کشورمان در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته و دارای منابع آبی محدود است، بنابراین آب اولین و مهم‌ترین عامل محدودیت در افزایش تولیدات کشاورزی می‌باشد. تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین تنش غیرزیستی، نقش مهمی در کاهش تولید محصولات زراعی ایران دارد و وقوع خشکی در دوره رشد گیاهان زراعی در ایران امری اجتناب ناپذیر است. لذا بررسی زمان، شدت و مدت دوره تنش آبی بر واکنش‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه بسیار حائز اهمیت است. بنابراین با توجه به اینکه خشکی از ویژگی‌های بارز جغرافیایی کشور ایران است و از طرفی مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی به طور روزافزونی در جامعه افزایش می‌یابد، لذا بایستی در صدد مقابله با آن، به چاره اندیشی پرداخت. در دنیا حدود ۶۰ درصد از اراضی تحت کشت لوبیا در مناطقی هستند که طی فصل رشد با تنش آبی مواجه می‌شوند و این امر باعث شده است خشکی پس از بیماری‌ها دومین عامل کاهش دهنده عملکرد لوبیا باشد (۲۸). واکنش به تنش خشکی در لوبیا فرایندی بسیار پیچیده است. در ایران نیز طی سالهای اخیر، کمبود آب به طور جدی عملکرد گیاهان زراعی و از جمله لوبیا را تحت تاثیر قرار داده است (۱۰). کاهش آب مورد نیاز گیاه لوبیا چیتی در فصل رویش قابلیت استفاده از مواد غذایی موجود در خاک و کارآیی مناسب از نور خورشید را کاهش می‌دهد. لوبیا گیاهی با رشد سریع است، بنابراین باید آب کافی در خاک باشد، تا رشد و عملکرد مطلوب آن تامین شود (۳۳).

رجایی‌نژاد (۹) در بررسی اثر دور آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم لوبیا چیتی اظهار داشت که اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد زیستی، عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، عرض غلاف، وزن غلاف، تعداد روز تا گل دهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی،شاخص برداشت و تعداد شاخه-های فرعی معنی‌دار بود. دشتکی و همکاران (۸)، در بررسی اثر تنش آبی بر ژنوتیپ های لوبیا، گزارش دادند که ژنوتیپهای مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته، روز تا مرحله رسیدگی، اندازه بذر در شرایط تنش و بدون تنش تفاوت معنی داری با هم داشتند. محمدی و همکاران (۱۶) در بررسی لاین های مختلف لوبیا سفید در شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی، بیان داشتند که شاخص های GMT، STI و SSI با عملکرد، همبستگی مثبت و معنی دار اما با شاخص های TOL و MP، همبستگی منفی داشتند. فرام و همکاران (۲۵) اظهار داشتند که تنش آبی باعث کـاهش عملکرد دانه لوبیا می شود، اما کـاهش عملکـرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیـپ مـورد نظر متفـــاوت اســـت. رزن و همکاران (۳۰)، گزارش دادند که عملکرد دانه لوبیا در دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم آبی، همبستگی مثبت و معنی داری داشت.

با توجه به اینکه یکی از مشکلات اساسی کشور ما در بخش کشاورزی کمبود منابع آبی است، بنابراین این تحقیق از طریق مطالعه ارقام مختلف لوبیا چیتی، تحت سطوح مختلف تنش آبی می‌تواند به شناسایی ارقام مقاوم به تنش آبی و بدست آوردن الگوی نیاز آبی ارقام مورد مطالعه جهت استفاده بهینه منابع آبی، کمک قابل ملاحظه‌ای داشته باشد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)، تحت شرایط تنش کم آبی، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ در شهرستان دماوند (استان تهران)، با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و سه دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۹۶۰ متر از سطح دریا، انجام گرفت. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۳۲۰ میلی متر و متوسط دمای سالانه آن ۹/۷ درجه سانتی گراد بود.

آزمایش مذکور در قالب طرح کرت های یکبار خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این تحقیق تنش کم آبی (A)، بعنوان عامل اصلی، شامل سه سطح: شاهد (آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، تنش ملایم (آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و تنش شدید (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و رقم (B)، بعنوان عامل فرعی، شامل شش رقم لوبیا چیتی (غفار، F16 پایه بلند، Ks21492 ،Ks21495، Ks21558 وKs22102) در نظر گرفته شد.

قبل از اجرای آزمایش، نمونه های خاک از عمق صفر تا۳۰ سانتیمتری مزرعه تهیه و درنهایت نمونه ها باهم مخلوط و یک نمونه مرکب تهیه گردید و مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول۱ نشان داده شده است.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک			آهک	pH	EC S/m µ	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
رس	سیلت	شن	(%)										
۱۱٪	۲۱٪/۵	/۵ ۶۷٪	۱۱	۷/۵	۱۸۷	۰/۲۱	۰/۱۶	۱۱	۱۱	۲/۹	۱۳	۰/۱۷	۰/۸

برای انجام عملیات کاشت، در بهـار دو مرتبه دیـسک عمـود بـرهـم و سـپس دندانـه زده شد و بـا استفاده از دستگاه جوی و پشته ساز، پشته‌ها ایجاد گردید. کشت بذرها بـه روش دسـتی و در کـرت‌هـایی بـه ابعاد

۲/۵×۴ متر، در چهار ردیف انجام شد. فواصل بین ردیف‌ها ۵۰ سانتیمتر، بین بوته‌ها روی ردیف، ۱۵ سانتیمتر و عمق کاشت بذر، پنج سانتیمتر در نظر گرفته شد. ابتدا آبیاری برای تمام کرت‌ها بطور منظم انجام گرفت. برای تشخیص زمان آبیاری، در پایان هر روز، مقدار تبخیر از تشتک تبخیر اندازه گیری و پس از رسیدن به حد مورد نظر، در صبح روز بعد آبیاری انجام گرفت. بمنظور تعیین تراکم مناسب، در مرحله چهار تا شش برگی، اقدام به تنک گیاهان گردید. در طول دوران رشد و نمو مراقبت‌های زراعی معمول شامل کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها به صورت یکسان انجام شد.

برای نمونه برداری در هر کرت آزمایشی، ابتدا دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف ها به عنوان اثرات حاشیه ای حذف و نمونه برداری به صورت تصادفی از ردیف های وسطی هر کرت انجام شد. برای این منظور از هر کرت ۱۰ بوته بصورت تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه در بوته و شاخص برداشت اندازه گیری شد.

با توجه به عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط بدون تنش و تنش، شاخص های زیر محاسبه گردید:

۱. شاخص بهره وری متوسط (۳۱):

$$MP = (Y_S + Y_P)/2$$

۲. شاخص میانگین هندسی بهره وری (۲۴):

$$GMP = \sqrt{(Y_S \times Y_P)}$$

۳. شاخص تحمل (۳۱):

$$TOL = Y_P - Y_S$$

۴. شاخص تحمل به تنش (۲۴):

$$STI = (Y_S \times Y_P)/\overline{Y}_P^2$$

۵. شاخص میانگین هارمونیک (۱۱)

$$HARM = \left[\left(\frac{2(Y_P \times Y_S)}{Y_P + Y_S}\right)\right]$$

۶. شاخص حساسیت به تنش (۲۱):

$$SSI = \frac{1 - (Y_s/Y_P)}{SI}$$

۷. شاخص خشکی حساس (۱۴):

$$SDI = (Y_P - Y_S)/Y_P$$

در روابط فوق Y_S: عملکرد در شرایط تنش، Y_P: عملکرد در شرایط بدون تنش، $\overline{Y}_S$: میانگین عملکرد در شرایط تنش و $\overline{Y}_P$: میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش است.

تجزیه و تحلیل داده ها شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین به روش دانکن (در سطح احتمال پنج درصد)، ضرایب همبستگی و تجزیه به مؤلفه های اصلی، توسط نرم افزارهای SAS نسخه ۹,۱ و JMP نسخه ۳,۱,۲ انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر تنش کم آبی روی همه صفات مورد مطالعه به استثناء صفات وزن صددانه و عملکرد بیولوژیک معنی دار بود. همچنین بین ارقام مورد بررسی از لحاظ کلیه صفات مورد مطالعه، اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت که این امر بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان گزینش برای تحمل به خشکی می باشد. اثر متقابل تنش کم آبی در رقم نیز، در مورد همه صفات بجز صفات طول غلاف و وزن صددانه معنی دار شد که این بدین معنی است که ارقام مختلف در سطوح مختلف تنش در رابطه با صفات معنی دار، دارای واکنش های متفاوتی هستند (جدول۲). استویلووا و پریرا (۳۴)، در بررسی ارقام لوبیا چشم بلبلی اعلام کردند از نظر صفات مورفولوژیکی، برای صفات وزن دانه در هر گیاه، طول بذر، وزن گیاه و تعداد دانه در گیاه تنوع قابل ملاحظه ای دیده شد، اما برای صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا گلدهی، وزن دانه و وزن غلاف، تنوع به مراتب کمتری مشاهده گردید.

جدول۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در لوبیا چیتی

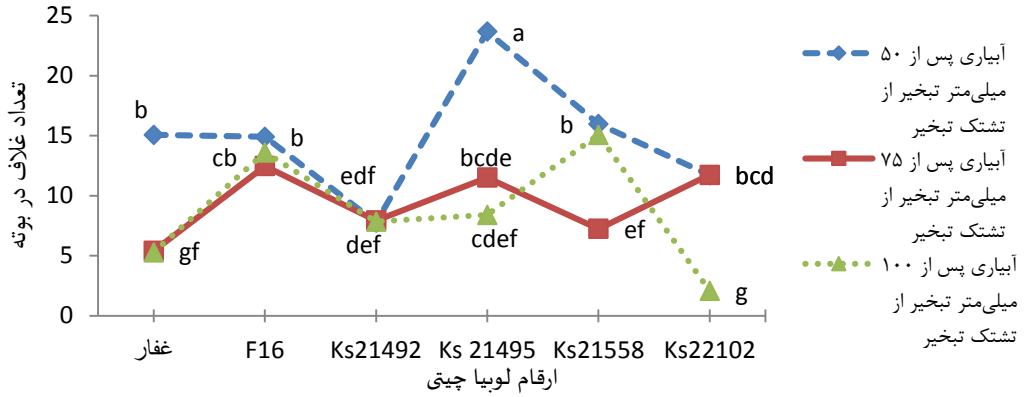
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	طول غلاف (سانتیمتر)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
بلوک	۲	۱۴/۷^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۳۵۶/۳**	۲۵۷۶۶۲ ^{ns}	۱۴۹۷۷۸۹ ^{ns}	۵۴/۹ ^{ns}
تنش کم آبی	۲	۲۰۳/۹۷*	۱/۱۵*	۲/۰۵*	۸/۸۰ ^{ns}	۵۹۰۴۳۳۲**	۶۷۵۷۷۵ ^{ns}	۱۴۷۱/۸*
خطای (a)	۴	۱۲	۰/۰۶	۰/۲۸	۸۰/۶۷	۱۴۰۶۴۶	۳۹۵۲۷۱۹	۱۱۵/۲
رقم	۵	۸۰/۲۳**	۱/۱۲**	۱۴/۱۶**	۳۸۱/۳**	۵۰۴۱۳۷۸**	۱۴۱۸۲۵۶۷**	۹۰۵/۸**
تنش × رقم	۱۰	۵۰/۴۶**	۰/۲۸**	۰/۶۵ ^{ns}	۳۴/۷۲ ^{ns}	۱۲۴۱۲۳۷**	۳۹۵۲۹۱۴**	۱۹۴/۸**
خطای (b)	۳۰	۴/۵۹	۰/۰۷	۰/۶۸	۵۷	۱۰۸۹۵۳	۶۲۴۰۴۸	۳۲/۳
ضریب تغییرات		۱۹/۵۳	۱۲/۲۳	۱۱/۳۰	۱۷/۰۷	۲۴/۷۳	۱۲/۷۰	۲۶/۲۱

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

مقایسه میانگین

تعداد غلاف در بوته

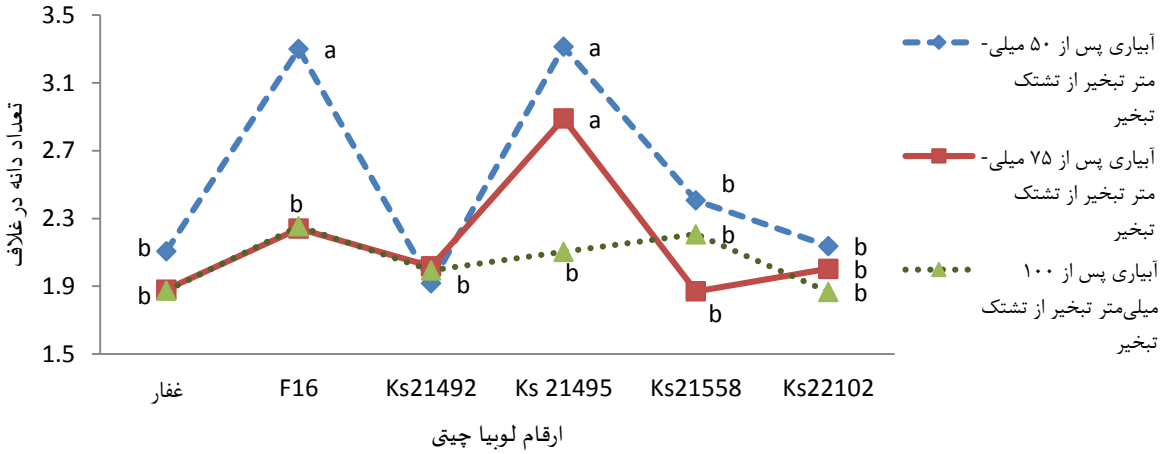
در تیمارآبیاری پس از ۵۰ میلی‌مترتبخیر از تشتک تبخیر، رقم Ks 21495 بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۳ غلاف) را داشت که این موضوع نشان دهنده پتانسیل بالای تولید غلاف این رقم در تیمار یاد شده می باشد. ارقام F16 و Ks 21492 در سه سطح، آبیاری پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تقریبا یکسان بودند. رقم Ks 22102 کمترین تعداد غلاف در بوته را در آبیاری پس از ۱۰۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به خود اختصاص داد. در تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر رقم Ks 21558 بیشترین تعداد غلاف در بوته را نشان داد که این امر بیانگر پتانسیل بالای این رقم تحت شرایط تنش شدید است (شکل۱). آمباچیو و همکاران (۱۹) و دارکوا و همکاران (۲۳) در دو آزمایش جدا گانه نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش تعداد غلاف در لوبیا شد. آکوستا و همکاران (۱۸) نشان دادند افزایش دور آبیاری باعث کاهش طول دوره رشد زایشی لوبیا می‌شود. در تحقیق آنها، در اثر اعمال افزایش دور آبیاری در مرحله گلدهی دو رقم لوبیا، تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته در هر دو رقم کاهش یافت.



شکل۱- اثر متقابل رقم و آبیاری بر تعداد غلاف در بوته

تعداد دانه در غلاف

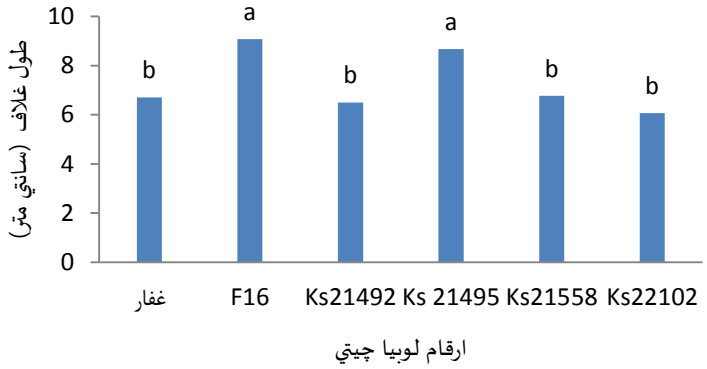
جزء دیگر عملکرد دانه در گیاه لوبیا، تعداد دانه در غلاف می‌باشد که در آزمایش حاضر به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و رقم قرارگرفت. ارقام F16، Ks 21495 در آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، به ترتیب با تعداد ۳/۳۰ و ۳/۳۱ دانه در غلاف دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف بودند. رقم Ks 21495 درآبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر نیز، بیشترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص داد. سایر ارقام در سه سطح آبیاری اختلاف معنی دار نداشتند (شکل۲). فرامرزی و همکاران (۱۳) با بررسی تنش خشکی در ارقام لوبیا چیتی نشان دادند که مراحل گل‌دهی، غلاف‌بندی و پرشدن دانه، بیشترین واکنش را به تنش خشکی نشان می دهند و تنش در مرحلهٔ غلاف‌بندی باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به سایر مراحل می شود.



شکل۲- اثر متقابل رقم و آبیاری برتعداد دانه در غلاف

طول غلاف

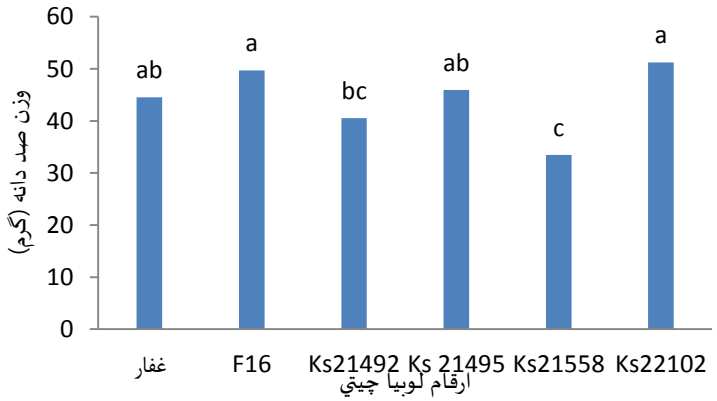
بیشترین طول غلاف مربوط به ارقام F16 و Ks 21495 بود (شکل۳). در این رابطه به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای آن در ارقام لوبیای قرمز، واعظی راد و همکاران (۱۷) آزمایشی را انجام دادند که در بررسی اجزای عملکرد دانه مشخص شد که طول غلاف در تیمار تنش در مرحله غلاف بندی، کاهش معنی داری داشته است.



شکل۳- اثر رقم بر طول غلاف

وزن صد دانه

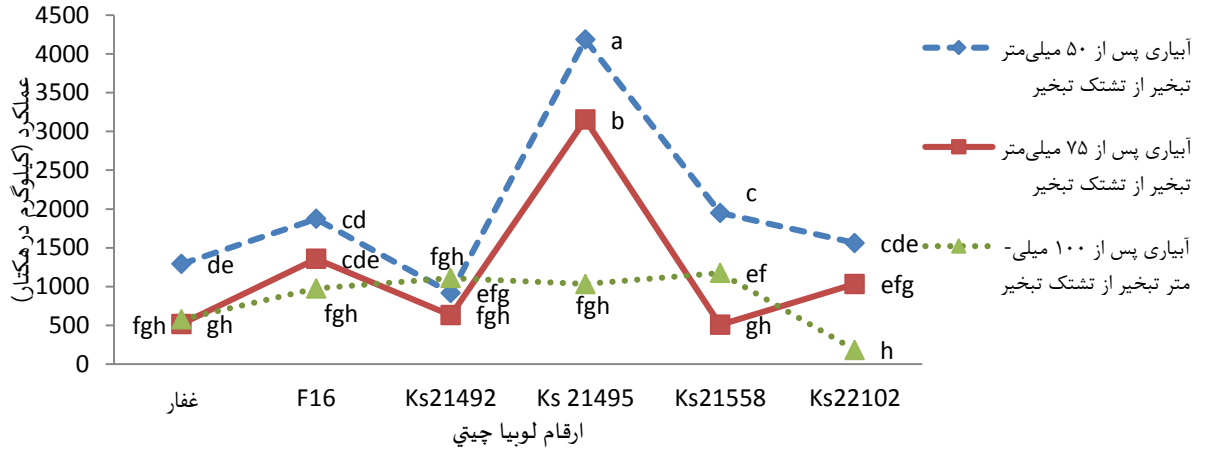
ارقام F16 و Ks22102، دارای بیشترین وزن صد دانه بودند (شکل۴). آسترکی و همکاران (۱) در بررسی لاین های خالص و ارقام لوبیا چیتی جهت ارزیابی تحمل به تنش، نشان دادند که بین ارقام در هر دو شرایط آبیاری تفاوت معنی دار وجود داشت. بطوریکه بیشترین تاثیر تنش خشکی مربوط به صفت وزن دانه بود.



شکل۴- اثر رقم بر وزن صد دانه

عملکرد دانه

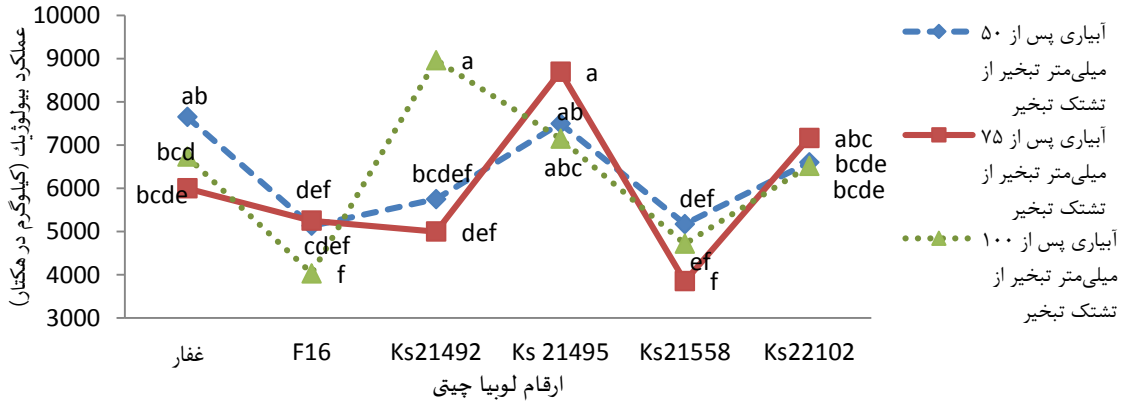
بیشترین عملکرد دانه در رقم Ks21495 (۴۱۸۵ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین عملکرد در رقم Ks22102 (۱۸۱ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر مشاهده گردید. رقم Ks21495 در آبیاری پس از ۷۵ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر نیز دارای عملکرد بالایی بود (شکل۵). باتوجه به نتایج فوق می توان بیان کرد، تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد دانه می شود. کمبود آب با توجه به اینکه باعث عدم تکامل ساختارهای زایشی و دانه در لوبیا می‌شود، بنابراین عملکرد را کاهش می‌دهد (۳۳).



شکل۵- اثر متقابل رقم و آبیاری برعملکرد دانه

عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل تنش کم آبی و ارقام، برای عملکرد بیولوژیکی معنی دار بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک به رقم Ks21492 (۸۹۶۶ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر و رقم Ks 21495 (۸۷۰۰کیلوگرم در هکتار) در آبیاری پس از ۷۵ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر اختصاص داشت. کمترین عملکرد بیولوژیک نیز به رقم F16 (۴۰۳۳ کیلوگرم در هکتار)، در آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر و رقم Ks 21558 (۳۸۵۰ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری پس از ۷۵ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر، مربوط بود (شکل۶). خوشوقتی و همکاران (۷) با بررسی آبیاری محدود بر روند رشد و عملکرد دانهٔ ارقام لوبیا چیتی نشان دادند که با تشدید کمبود آب، عملکرد دانه به‌طور چشمگیری کاهش یافت. میزان تولید مادهٔ خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و درصد پوشش سبز نیز با افزایش تنش، کاهش یافتند.

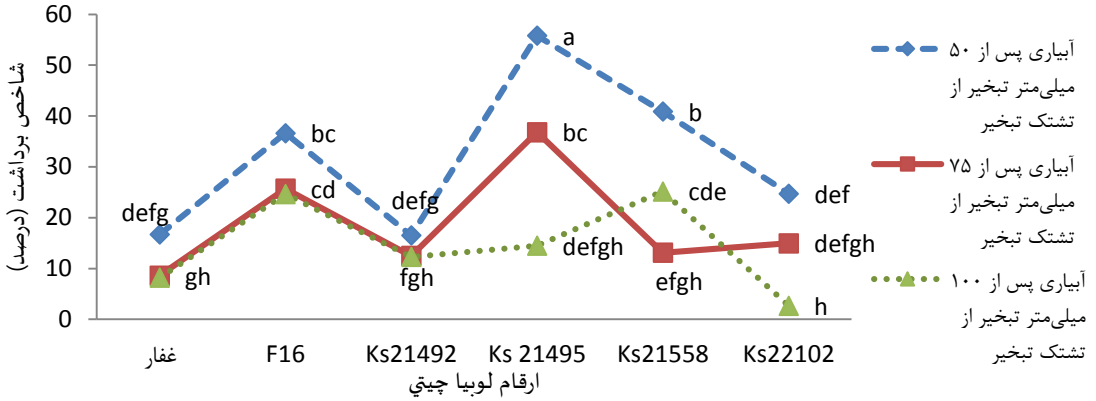


شکل۶- اثر متقابل رقم و آبیاری بر عملکرد بیولوژیک

شاخص برداشت

بیشترین شاخص برداشت در رقم Ks21495 (۵۵ درصد) در آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین شاخص برداشت در رقم Ks22102 در آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر، مشاهده شد. (شکل۷). جرمن و تران (۲۶) بیان داشتند که تنش خشکی سبب کاهش بیوماس، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه لوبیا می‌شود. آنها گزارش دادند که شاخص برداشت که نشان دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه می‌باشد، تفاوت معنی‌داری در بین رژیم های مختلف آبیاری نشان داده است.

آنها علت کاهش ماده خشک کل را همبستگی مثبت و بالای بین ماده خشک با فتوسنتز و شاخص سطح برگ در مرحله رویشی دانستد و همچنین اظهار داشتند که تنش شدید در مرحله زایشی بیشتر بر عملکرد دانه تأثیر می گذارد تا ماده خشک کل، بنابراین باعث کاهش شاخص برداشت میشود.



شکل۷- اثر متقابل رقم و آبیاری بر شاخص برداشت

ضرایب همبستگی

به منظور شناسایی ارقام متحمل تنش کم آبی، شاخص های مقاومت و تحمل، براساس عملکرد ارقام تحت شرایط نرمال (Yp) و تنش(Ys)، محاسبه و ضرایب همبستگی آنها تعیین گردید (جدول۳). به عقیدهٔ محققان، بهترین شاخص، شاخصی است که در هر دو شرایط نرمال و تنش، دارای همبستگی معنی داری با عملکرد باشد (۲۰). در شرایط تنش ملایم، بین عملکرد درشرایط نرمال (Yp) و عملکرد در شرایط تنش (Ys)، همبستگی مثبت و معنی دار (۰/۹۳) وجود داشت که این امر بیانگر اینست که با گزینش بر اساس عملکرد در هر دو شرایط، می توان ارقام با عملکرد بالا و پایداری مطلوب را بدست آورد. عملکرد در شرایط نرمال با شاخص های تحمل تنش (STI)، میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره وری (GMP) و شاخص بهره وری متوسط (MP) دارای همبستگی مثبت و معنی دار بود. همچنین عملکرد در شرایط تنش نیز با شاخص های فوق همبستگی مثبت و معنی دار نشان داد. لذا این شاخص ها را می توان به عنوان مناسب ترین شاخص ها برای غربال ارقام متحمل به تنش در هر دو شرایط (نرمال و تنش) انتخاب کرد. لازم بذکر است که هر چه شاخص های فوق در یک رقم بیشتر باشد آن رقم نسبت به تنش، متحمل تر خواهد بود. بنابراین ارقامی که مقادیر بالاتری از این شاخص ها را دارند بعنوان ارقام متحمل به تنش معرفی می شوند. فتحی و همکاران (۱۲) در تحقیقی بمنظور گزینش برای تحمل به تنش خشکی انتهای فصل در ژنوتیپ های لوبیا چشم بلبلی، چهار شاخص MP، GMP، HARM و STI را بعنوان بهترین شاخص ها برای شناسایی ارقام متحمل به تنش در هر دو شرایط نرمال و تنش معرفی نمودند. حبیبی و همکاران (۶) در بررسی لاین های مختلف لوبیا قرمز، شاخص های MP، GMP و STI را بعنوان بهترین شاخص ها برای انتخاب لاین های مقاوم بیان نمودند همچنین ابراهیمی و همکاران (۲) شاخص های STI، GMP و MP را به عنوان بهترین شاخص ها، در بررسی ۳۰ ژنوتیپ لوبیای سفید معرفی نمودند.

جدول۳- همبستگی شاخص های تحمل به خشکی در شرایط تنش ملایم

صفات	YP	YS	SSI	STI	HARM	SDI	MP	TOL	GMP
YS	۰/۹۳**								
SSI	-۰/۳۰ns	-۰/۶۱ns							
STI	۰/۹۷**	۰/۹۸**	-۰/۴۸ns						
HARM	۰/۹۵**	۰/۹۹**	-۰/۵۷ns	۰/۹۹**					
SDI	-۰/۲۹ns	-۰/۶۱ns	۱/۰۰**	-۰/۴۷ns	-۰/۵۶ns				
MP	۰/۹۹**	۰/۹۸**	-۰/۴۵ns	۰/۹۹**	۰/۹۹**	-۰/۴۵ns			
TOL	۰/۴۹ns	۰/۱۵ns	۰/۶۵ns	۰/۲۸ns	۰/۲۰ns	۰/۶۶ns	۰/۳۴ns		
GMP	۰/۹۷**	۰/۹۹**	-۰/۵۲ns	۰/۹۹**	۰/۹۹**	-۰/۵۱ns	۰/۹۹**	۰/۲۶ns	

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

در شرایط تنش شدید، شاخص GMP، همبستگی مثبت و معنی داری را در سطح احتمال پنج درصد با عملکرد، تحت هر دو شرایط نرمال و تنش نشان داد (جدول۴). بنابراین، این شاخص می تواند بعنوان شاخصی مناسب برای شناسایی ارقام متحمل به تنش کم آبی در هر دو شرایط نرمال و تنش باشد. در این بررسی شاخص های STI، MP و TOL فقط با عملکرد در شرایط نرمال و شاخص HARM فقط با عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبت نشان دادند. اشنایدر و همکاران (۳۲) پیشنهاد کردند که در ابتدا ژنوتیپ ها بر اساس مقادیر بالای GMP انتخاب شوند و سپس به منظور حصول اطمینان از پایداری عملکرد در شرایط تنش، از بین ژنوتیپ های مورد مطالعه ژنوتیپ های با بیشترین مقادیر Ys انتخاب شوند. اسدی و همکاران (۳) در ارزیابی ژنوتیپ های لوبیا چیتی بر اساس شاخص های تحمل به تنش، دو شاخص STI و SSI را به عنوان بهترین شاخص ها در شناسائی ژنوتیپ های متحمل معرفی نمودند.

جدول۴- همبستگی شاخص های تحمل به خشکی در شرایط تنش شدید

صفات	YP	YS	SSI	STI	HARM	SDI	MP	TOL	GMP
YS	۰/۴۲ns								
SSI	۰/۳۰ns	-۰/۶۳ns							
STI	۰/۹۲**	۰/۶۴ns	-۰/۱۰ns						
HARM	۰/۶۴ns	۰/۹۶**	-۰/۵۳ns	۰/۸۹*					
SDI	۰/۲۹ns	-۰/۶۴ns	۱/۰۰**	-۰/۱۱ns	-۰/۵۴ns				
MP	۰/۹۶**	۰/۶۵ns	۰/۰۳ns	۰/۹۹**	۰/۸۳*	۰/۰۲ns			
TOL	۰/۹۳**	۰/۴۸ns	۰/۶۳ns	۰/۶۱ns	۰/۳۱ns	۰/۶۲ns	۰/۶۹ns		
GMP	۰/۸۳*	۰/۸۵*	-۰/۲۹ns	۰/۹۸**	۰/۹۶**	-۰/۲۹ns	۰/۹۵**	۰/۵۶ns	

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

با توجه به موارد فوق شاخص GMP می تواند بعنوان بهترین شاخص برای شناسایی ارقام متحمل در هر دو شرایط تنش ملایم و تنش شدید مورد استفاده قرار گیرد.

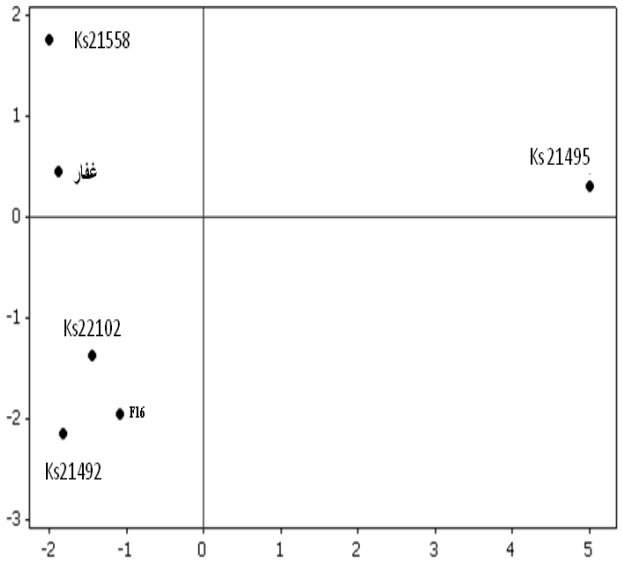
تجزیه به مولفه های اصلی

در تجزیه به مولفه های اصلی در شرایط تنش ملایم، مولفه‌های اول و دوم در مجموع ۹۹/۴۱٪ از کل واریانس را تبیین نمودند بطوری که سهم مولفه اول ۷۲/۸۹ درصد و مولفه دوم ۲۶/۵۲ درصد بود. در مولفه اول شاخص های STI، HARM، MP، GMP، YP و YS با داشتن بالاترین ضرایب بردارهای ویژه، دارای بیشترین اهمیت بودند، بنابراین این مولفه بعنوان مولفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش کم آبی اطلاق می شود و ارقامی که دارای مقادیر بالاتری از این مولفه باشند ضمن داشتن عملکرد بالاتر تحت تنش کم آبی، از تحمل بیشتری نسبت به تنش نیز برخوردار می باشند. در مولفه دوم شاخص های SDI، SSI و TOL از اهمیت بیشتری برخوردار بودند و باعث شدند که این مولفه بعنوان مولفه حساسیت به خشکی مطرح شود. مقادیر بالای این مولفه در یک رقم بیانگر آن است که رقم مذکور در شرایط نرمال عملکرد بالا و در شرایط تنش عملکرد پایینی دارد (جدول۵). فتحی و همکاران (۱۲) در بررسی تحمل به تنش خشکی انتهای فصل در ژنوتیپ های لوبیا چشم بلبلی نشان دادند در تجزیه به مولفه های اصلی، شاخص های STI، HARM، GMP و MP در مولفه اول و شاخص های TOL و SSI در مولفه دوم قرار گرفتند.

دیاگرام پراکنش ارقام براساس دو مولفه اصلی اول و دوم نشان داد که رقم Ks21495، رقم بسیار مقاوم نسبت به تنش است بطوریکه هم تحت شرایط نرمال و هم تحت شرایط تنش دارای عملکرد بالایی میباشد (شکل۸).

جدول۵- نتایج حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی شاخص های تحمل و عملکرد، در شرایط تنش ملایم

صفات	مولفه اول	مولفه دوم
YP	۰/۳۷	-۰/۲۳
YS	۰/۳۹	۰/۰۱
SSI	-۰/۲۴	-۰/۵۱
STI	۰/۳۸	-۰/۰۹
HARM	۰/۳۹	-۰/۰۴
SDI	-۰/۲۴	-۰/۵۱
MP	۰/۳۸	-۰/۱۲
TOL	۰/۰۶	-۰/۶۳
GMP	۰/۳۹	-۰/۰۷
مقدار ویژه	۶/۵۶	۲/۳۸
درصد واریانس	۷۲/۸۹	۲۶/۵۲
درصد واریانس تجمعی	۷۲/۸۹	۹۹/۴۱



شکل۸- دیاگرام حاصل از دو مولفه اول شاخص های تحمل به خشکی در شرایط تنش ملایم

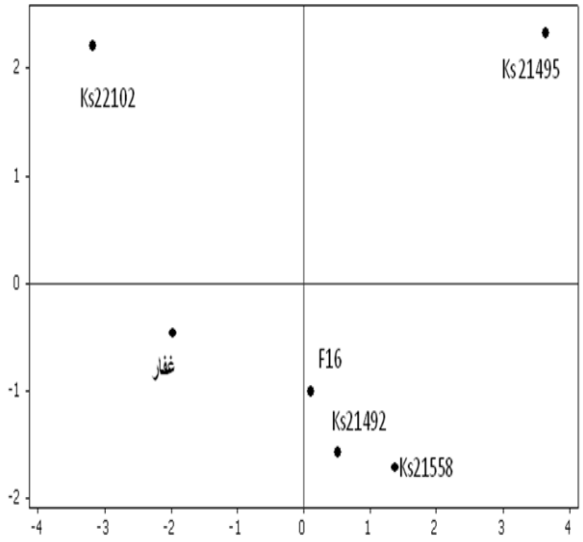
در شرایط تنش شدید نیز دو مولفه اول و دوم به ترتیب با ۶۳/۲۵ و ۳۶/۵۵ درصد، در مجموع ۹۹/۸ درصد از واریانس کل را تبیین نمودند. در مولفه اول با توجه به اینکه شاخص های GMP، MP، HARM، STI، YS و YP دارای بالاترین ضرایب بردارهای ویژه بودند، این مولفه بعنوان مولفه تحمل به خشکی درنظر گرفته شد درحالیکه در مولفه دوم با توجه به اینکه شاخص های TOL، SDI و SSI از بیشترین ضرایب بردارهای ویژه برخوردار بودند، بعنوان مولفه حساسیت به خشکی نامیده شد (جدول۶).

لانگ و همکاران (۲۷)، در ارزیابی تنوع ژنتیکی لوبیا معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) براساس خصوصیات مورفولوژیکی اظهار داشتند که چهار مولفه اصلی حدود ۴۰/۳۰ درصد از تنوع مورفولوژیکی بین ژنوتیپ ها را توجیه نمودند بطوریکه اولین مولفه اصلی شامل صفات مرتبط با رشد گیاه، دومین مولفه اصلی نمایانگر خصوصیات گل، سومین مؤلفه اصلی مرتبط با خصوصیات دانه و چهارمین مؤلفه اصلی نشان دهنده ویژگی های غلاف بود.

در دیاگرام پراکنش ارقام براساس دو مولفه اصلی اول و دوم، رقم Ks 21495، بعنوان رقم بسیار مقاوم و رقم غفار، بعنوان رقم بسیار حساس معرفی شد (شکل۹).

جدول۶- نتایج حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی شاخص های تحمل و عملکرد، در شرایط تنش شدید

صفات	مولفه اول	مولفه دوم
YP	۰/۳۶	۰/۲۸
YS	۰/۳۴	-۰/۳۱
SSI	-۰/۰۹	۰/۵۴
STI	۰/۴۲	۰/۰۷
HARM	۰/۳۹	-۰/۱۹
SDI	-۰/۱۰	۰/۵۴
MP	۰/۴۱	۰/۱۴
TOL	۰/۲۶	۰/۴۴
GMP	۰/۴۲	-۰/۰۴
مقدار ویژه	۵/۶۹	۳/۲۹
درصد واریانس	۶۳/۲۵	۳۶/۵۵
درصد واریانس تجمعی	۶۳/۲۵	۹۹/۸۰



شکل۹- دیاگرام حاصل از دو مولفه اول شاخص های تحمل به خشکی در شرایط تنش شدید

نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که بین ارقام مورد مطالعه لوبیا چیتی، تنوع قابل توجهی وجود دارد که این تنوع امکان گزینش برای تحمل به تنش خشکی را فراهم می سازد. در بین ارقام مورد مطالعه، رقم Ks 21495 که در هر دو شرایط، بدون تنش و تنش ملایم، دارای بالاترین عملکرد بود، بعنوان یک رقم مقاوم به تنش کم آبی معرفی گردید. همچنین شاخص های STI، HARM، GMP و MP بعنوان مناسب ترین شاخص ها برای غربال ارقام متحمل به تنش در هر دو شرایط (نرمال و تنش) تعیین شد. شاخص های GMP، MP، HARM، STI، YS و YP بعنوان شاخص های تحمل به تنش کم آبی، دارای بیشترین سهم در واریانس بین ارقام بودند.

منابع

۱- آسترکی، ح.، اسدی، ب. و کوشکی، م. ۱۳۹۵. تعیین ژنوتیپ های مقاوم به تنش خشکی در لوبیا چیتی با روش بای پلات در منطقه بروجرد. مجموعه مقالات ششمین همایش ملی حبوبات ایران، خرم آباد، ایران.

۲- ابراهیمی، م.، بی همتا، م.ر.، حسین زاده، ع.ه.، خیالپرست، ف. و گلباشی،م. ۱۳۸۹. ارزیابی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های لوبیای سفید تحت شرایط تنش آبی. مجله پژوهش های زراعی ایران، ۸ (۲): ۳۴۷-۳۵۸.

۳- اسدی، ب.، دری، ج.ر. و غدیری، ع. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتیپ های لوبیا چیتی به تنش خشکی براساس شاخص های تحمل به تنش. مجله به نژادی نهال و بذر، ۱-۲۷ (۴):۶۱۵-۶۳۰.

۴- پارسا، م. و باقری، ع. ۱۳۸۷. حبوبات، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۸ صفحه.

۵- حبیب پورکاشفی، ا.، قرینه، م.ح.، شافعی‌نیا، ع.ر. و روزرخ، م. ۱۳۹۴. آثار سطوح زئولیت بر فلورسانس کلروفیل لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*) تحت شرایط تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۲۸: ۱۹-۳۲.

۶- حبیبی، غ.ر.، قنادها، م.ر.، سوهانی، ع.ر. و دری، ح.ر. ۱۳۸۵. بررسی روابط عملکرد دانه با برخی صفات مهم زراعی لوبیا قرمز با روش های مختلف آماری در شرایط آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۳): ۴۴-۵۸.

۷- خوشوقتی، ح.، قاسمی گلعذانی، ک.، زهتاب سلماسی، س. و آلیاری، ه. ۱۳۸۷. اثر آبیاری محدود بر روند رشد، پوشش سبز و عملکرد دانه ارقام لوبیا چیتی. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، ایران.

۸- **دشتکی، م.، محمد علی پور یامچی، ه. و بی همتا، م.ر. ۱۳۹۴.** بررسی تأثیر تنش رطوبتی آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپهای لوبیا در شرایط مزرعه. مجله پژوهش های حبوبات ایران، ۶ (۲): ۱۲۲- ۱۰۹.

۹- رجایی‌نژاد، س. ۱۳۹۴. اثر دور آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم لوبیا چیتی در منطقه یاسوج. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی.

۱۰- صادقی پور، ا. و بنکدار هاشمی، ن. ۱۳۹۴. بررسی اثر کاربرد براسینولید در تحمل به تنش خشکی لوبیا چشم بلبلی. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۷ (۲۶):۷۰-۵۶.

۱۱- صفری، س.، دهقانی، ح. و چوگان، ر. ۱۳۸۳. مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های اینبرد ذرت در شرایط آبیاری محدود و کامل. مجله پژوهش های حفاظت گیاهان ایران، ۲۳(۲): ۲۰-۲۵.

۱۲- فتحی، م.، بی همتا، م. ر.، مجنون حسینی، ن.، شاه نجات بوشهری، ع. ا. و محمدعلی پوریامچی، ه. ۱۳۹۱. گزینش برای تحمل به تنش خشکی انتهای فصل در ژنوتیپهای لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). مجله پژوهش های حبوبات ایران، ۳ (۲): ۴۵-۵۴.

۱۳- فرامرزی، ع.، جمشیدی، س. و صالحی،م. ۱۳۸۷. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه سه رقم لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris*). مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، ایران.

۱۴- فرشادفر، ع. و جوادی نیا، ج. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتی پهای نخود (*Cicer arietinum* L.) از نظر تحمل تنش خشکی. مجله به نژادی نهال و بذر، ۱-۲۷ (۴): ۵۱۷-۵۳۷.

۱۵- مجنون حسینی، ن. ۱۳۹۳. زراعت و تولید حبوبات، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۲۸۴ صفحه.

۱۶- محمدی، آ.، بی همتا، م.ر. و دری، ح.ر. ۱۳۸۶. بررسی صفات کمی و کیفی ژنوتیپ های لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris*) و رابطه آنها با عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و محدود. مجله علوم زراعی ایران، ۳ (۱۰): ۲۳۱-۲۴۳.

۱۷- واعظی راد، س.، شکاری، ف.، شیرانی راد، ا. و زنگانی، ا. ۱۳۸۷. اثر تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام لوبیای قرمز. مجله بوم شناسی گیاهان زراعی (دانش نوین کشاورزی)، ۴(۱۰): ۹۴-۸۵.

۱۸- Acosta, D.K., Shibata, J., Acosta, G. and Alberto, J. 2002. Yield and its components in bean under drought conditions. Agricultural- Technical-en Mexico, 23(2):139-150.

۱۹- Ambachew, D., Mekbib, F., Asfaw, A., Beebe, S.E. and Blai, M.W. 2015. Trait associations in common bean genotypes grown under drought stress and field infestation by BSM bean fly. Crop Journal, 3(4):305-316.

۲۰- Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton.

۲۱- Bouslama, M. and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in soybean, I Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24:933-937.

۲۲- Calvo-Polanco, M., Sánchez-Romera, B. and Aroca, R. 2014. Mild salt stress conditions induce different responses in root hydraulic conductivity of *Phaseolus vulgaris* over-time. PloS ONE. 9(3): e90631.

۲۳- Darkwa, K., Ambachew, D., Mohammed, H., Asfaw, A. and Blair, M.W. 2016. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. Crop Journal, 4:367-376.

۲۴- Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress, Taiwan

۲۵- Frahm, M.A., Rosas, J.C., Mayek-Perez, N., Lopez-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J.A. and Kelly, J.D. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica, 136(2):223-232.

۲۶- German, C. and Teran, H. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Science, 46:2111-2120.

۲۷-Long, J., Zhang, J., Zhang, X., Wu, J., Chen, H., Wang, P., Wang, Q. and Du, C. 2020. Genetic diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm resources in chongqing, evidenced by morphological characterization. Frontiers in Genetics, Vol: 11. doi: 10.3389/fgene.2020.00697.

۲۸- Martínez, J.P., Silva, H.F.L.J., Ledent, J.F. and Pinto, M. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). European Journal of Agronomy, 26(1):30-38.

۲۹- Razgallah, N., Chikh-Rouhou, H., Boughattas, H. and Mhamdi, M. 2016. Nitrat contents in some vegetables in Tunisia. Archives of Agronomy and Soil Science, 62(4):473-483.

۳۰- Rezene, Y., Gebeyehu, S., and Zelleke, H. 2013. Morpho-physiological response to post-flowering drought stress in small red seeded common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Journal of Plant Studies, 2:42-53.

۳۱- Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, 21:943-946.

۳۲- Schneider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J.A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N. and Kelly, J.D. 2004. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science, 37:43-50.

۳۳- Singh, S.P. 2002. Broadening the genetic base of common bean cultivar. Crop Science, 41:1659- 1675.

۳۴- Stoilova, T. and Pereira, G. 2013. Assessment of the genetic diversity in a germplasm collection of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) using morphological traits. African Journal of Agricultural Research, 8(2): 208-215.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 12, Issue 2, autumn and winter 2022

Evaluation of yield and yield components of different varieties of pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions

Mahdi Ziaei Nasab[1*], Ali Rahmati Mansour Abad[2]

1. Department of Plant Breeding and Genetic, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran
2. Former MSc Student Department of Plant Breeding and Genetic, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran

* **Corresponding Author, Email**: **mziai2003@yahoo.com**

(Received: 19 November 2022; Accepted: 16 December 2022)

Abstract

In order to evaluate the yield and yield components of pinto bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.), under water stress, an experiment was conducted in 2016 in Damavand city in the form of a split plot design based on a randomized complete block design with 3 replications. So that water stress (A), as the main factor, includes three levels: control, mild stress and severe stress and variety (B) was considered as a sub factor, including 6 varieties of pinto beans (Ghaffar, F16, Ks21492, Ks21495, Ks21558 and Ks22102). The traits of number of pods per plant, length of pods, number of seeds per pod, weight of 100 seeds, biological yield, yield of seeds per plant and harvest index were measured and indices of drought stress tolerance were calculated. According to the results of analysis of variance, the effect of water deficit stress was significant on all studied traits, except for the traits of weight of 100 seeds, biological yield. Also, there was a significant difference between the investigated varieties in terms of all the studied traits at the probability level of 1%. The results of comparing the mean treatments showed that Ks 21495 had the highest seed yield with the highest values of the number of pods per plant and the number of seeds per pod. Based on the obtained results, mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), harmonic mean (HARM) and stress tolerance index (STI) indices were the most appropriate indices for the strain-tolerant varieties.

Key words: Evaporation pan, Pinto beans, Principal component analysis, Tolerance indices, Yield,